



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 180 723
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85109683.4

(61) Int. Cl.4: H 01 J 37/04
H 01 J 37/28

(22) Anmeldetag: 01.08.85

(30) Priorität: 13.08.84 DE 3429804

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.05.86 Patentblatt 86/20

(64) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

(71) Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft
Berlin und München Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: Feuerbaum, Hans-Peter, Dr. Dipl.-Phys.
Arno-Assmann-Strasse 14
D-8000 München 83(DE)

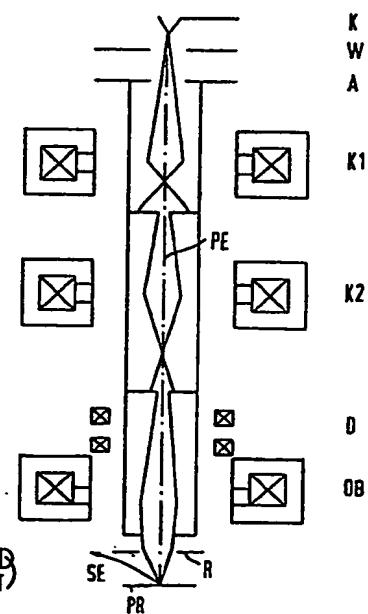
(72) Erfinder: Frosien, Jürgen, Dr. Dipl.-Ing.
An der Ottosäule 18
D-8012 Ottobrunn(DE)

(72) Erfinder: Spehr, Rainer, Dr.
Erfurter Strasse 19
D-6105 Ober-Ramstadt(DE)

(54) Rasterkorpuskularmikroskop.

(57) Bei einem Rasterkorpuskularmikroskop mit einem Korpuskularstrahl erzeuger und mit wenigstens einer zusätzlichen Linse im Korpuskularstrahlengang sollen die Auswirkungen des Boersch-Effekts kleiner sein als bei einem Rasterkorpuskularmikroskop nach dem Stand der Technik. Ein Rasterkorpuskularmikroskop besitzt mindestens eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE), die im Korpuskularstrahlengang in oder hinter wenigstens einer Linse (K1; K2; OB; E) angeordnet ist.

FIG 1



Rasterkorpuskularmikroskop.

5

Die Erfindung betrifft ein Rasterkorpuskularmikroskop mit einem Korpuskularstrahlerzeuger und mit wenigstens einer zusätzlichen Linse im Korpuskularstrahlengang nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Zur Inspektion von mikroelektronischen Bauelementen oder von Gegenständen, die bei der Herstellung von mikroelektronischen Bauelementen benötigt werden, z.B. zur Inspektion von Masken und Wafern, werden in der Halbleiterindustrie bei der Herstellung von integrierten Bauelementen zunehmend Rasterelektronenmikroskope eingesetzt. Die Verwendung eines Rasterelektronenmikroskops in der Elektronenstrahlmeßtechnik ist beispielsweise aus der US-Patentschrift 4 277 679 bekannt. Die Verwendung eines Rasterelektronenmikroskops zur Erzeugung von Mikrostrukturen mittels Elektronenstrahllithografie ist beispielsweise aus der US-Patentschrift 4 075 488 bekannt. Darüber hinaus kann ein Rasterelektronenmikroskop auch zur Kontrolle der einzelnen Prozeßschritte bei der Herstellung eines integrierten elektronischen Bauelementes verwendet werden, beispielsweise um Längenabmessungen oder die Positionierung von Maske oder Wafer zu überprüfen.

Bei meßtechnischen Anwendungen eines Rasterelektronenmikroskops, wie beispielsweise bei der Messung von räumlichen Abmessungen oder bei der Messung von Potentialen, muß darauf geachtet werden, daß nicht durch Aufladung der Oberfläche des Meßobjekts die Meßergebnisse verfälscht werden. Um eine Aufladung einer Oberfläche eines Meßobjekts

35

jekts zu vermeiden, kann die Oberfläche des Meßobjekts durch Bedampfen mit leitfähigem Material leitfähig gemacht werden. Bei solchen Anwendungen, wo wegen weiterer Verarbeitung des zu überprüfenden Meßobjekts eine 5 Bedampfung der Oberfläche mit leitfähigem Material nicht möglich ist, wie dies z.B. bei Meßobjekten in der Mikroelektronik der Fall ist, ist es erforderlich, daß die Primärelektronen mit solchen Energien auf die Oberfläche des Meßobjekts auftreffen, daß im zeitlichen Mittel 10 genau soviele Ladungen die Oberfläche des Meßobjekts verlassen, wie auf diese Oberfläche auftreffende Ladungen in dieser Oberfläche steckenbleiben. Solche Auftreffenergien der Primärelektronen, bei denen die Ladungsbilanz von auf die Oberfläche auftreffenden und von die Oberfläche 15 verlassenden Ladungen ausgeglichen ist, sind im allgemeinen relativ niedrig und liegen typisch im Bereich von etwa 500 eV bis 2 keV. Bei speziellen Betriebsweisen, bei denen nur im zeitlichen Mittel die Ladungsbilanz ausgeglichen sein muß, oder bei besonderen Materialien, 20 aus denen das Meßobjekt besteht, kann auch bei Auftreffenergien der Primärelektronen bis zu 10 keV und darüber noch eine ausgeglichene Ladungsbilanz an der Oberfläche eines Meßobjekts erzielt werden, so daß eine Aufladung dieser Oberfläche vermieden wird.

25 Bei Elektronenstrahlschreibern werden heute Auftreffenergien der Primärkosphuskeln auf die Oberfläche eines Objekts in der Größenordnung von etwa 20 keV verwendet. Dabei ist eine Tendenz dahingehend zu beobachten, daß in 30 Zukunft bei Elektronenstrahlschreibern eher kleinere Auftreffenergien der Primärkosphuskeln verwendet werden. Je geringer die Auftreffenergie der Primärkosphuskeln beim Auftreffen auf ein Objekt ist, desto kleiner ist der Proximity-Effekt, desto kleiner ist das Streuvolumen im

35

Fotolack (resist) und im Target. Man wird also auch bei Korpuskularstrahlschreibern in Zukunft immer feinere Korpuskularstrahlsonden mit immer höherem Korpuskularstrahlstrom bei immer kleineren Auftreffenergien benötigen. Je niedriger die Energie der Korpuskeln im Korpuskularstrahlengang ist, desto niedriger ist bei konventionellen Rasterelektronenmikroskopen die Auflösung bei Messungen, desto größer ist der Durchmesser der auf das Objekt auftreffenden Korpuskularsonde und desto kleiner ist der Korpuskularsondenstrom. Konventionelle Rasterelektronenmikroskope sind daher für die genannten Anwendungsbereiche nicht optimal nutzbar. Die Ursache für diese Nachteile bei konventionellen Rasterelektronenmikroskopen ist der sogenannte Boersch-Effekt (H.Rose, R.Spehr, Advances in Electronics and Electron Physics, Supplement 13c, Seiten 475 ff. (1983)), der einer Fokussierung der Korpuskeln im Korpuskularstrahl entgegenwirkt. Der Richtstrahlwert (brightness) speziell von intensitätsstarken Korpuskularquellen (wie z.B. Lanthanhexaborid-Einkristallkathoden zur Erzeugung von Elektronenstrahlen) kann daher nicht voll genutzt werden. Besonders bei niedrigen Energien der Korpuskeln nimmt der Richtstrahlwert, bedingt durch den Boersch-Effekt, auf dem Weg von der Korpuskularquelle zum Objekt, auf das die Korpuskeln auftreffen, ab. Bei einem Elektronenstrahl mit einer Energie der Elektronen von 1 keV kann der Verlust beim Richtstrahlwert auf dem Weg von der Elektronenquelle zum Objekt den Faktor 20 übersteigen. Bei niedriger Energie der Korpuskeln werden die Überkreuzungspunkte der Korpuskularstrahlen, die im Strahlengang hinter den verschiedenen Linsen liegen, unter Umständen erheblich verbreitert, was zur Verbreiterung der Korpuskularsonde, zur Verschlechterung einer meßtechnischen Auflösung und zur Verringerung der Korpuskularstromdichte führt.

- Aus der deutschen Offenlegungsschrift 31 38 926 ist ein Elektronenmikroskop zur Erzeugung von Hochstromsonden mit einer einstufigen Sondenformung und mit einer kurzbrennweitigen Abbildungslinse bekannt. Weil H.Rose et al in "Optik" 57 (1980), No.3, Seite 339, gezeigt haben, daß die Energieverbreiterung des Primärelektronenstrahls proportional mit der Zahl der Elektronenstrahl-Überkreuzungspunkte ansteigt, wird bei einem Elektronenmikroskop nach dieser deutschen Offenlegungsschrift der Boersch-Effekt verkleinert. Ein solches bekanntes Elektronenmikroskop ist jedoch nicht für Anwendungen geeignet, bei denen ein großer Arbeitsabstand benötigt wird, oder bei denen ein Austastsystem benötigt wird, das in einem Strahlüberkreuzungspunkt angeordnet ist, das relativ einfach zugänglich ist und das einen relativ großen Abstand zu einem Objekt aufweisen muß, damit schädliche Einwirkungen von den im Austastsystem geführten Potentialen auf das Objekt vermieden werden.
- Aus der deutschen Offenlegungsschrift 32 04 897 ist ein korpuskularstrahlerzeugendes System bekannt, das als Tetrode ausgebildet ist. Ein Teilsystem dieses korpuskularstrahlerzeugenden Systems, das aus Kathode, Wehnelt-Elektrode und Anode besteht, wird dabei für eine bestimmte Korpuskularstrahlenergie so eingestellt, daß optimale Feldstärken und damit ein optimaler Richtstrahlwert erzielt werden. Um unterschiedliche Korpuskularstrahlenergien zu erhalten, ist die Potentialdifferenz zwischen diesem Teilsystem und der zusätzlichen nachgeschalteten Elektrode auf unterschiedliche Werte einstellbar. Auf diese Weise wird im korpuskularstrahlerzeugenden System ein Korpuskularstrahl mit einem optimalen Richtstrahlwert und einer gewünschten Korpuskularstrahlenergie erzeugt. Bei diesem bekannten Korpuskularstrahlerzeuger kann je-

doch nicht verhindert werden, daß der unmittelbar hinter dem Korpuskularstrahlerzeuger vorhandene optimale Richtstrahlwert im weiteren Korpuskularstrahlengang aufgrund des Boersch-Effekts verschlechtert wird.

5

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rasterkorpuskularmikroskop der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die Auswirkungen des Boersch-Effekts kleiner sind als bei einem Rasterkorpuskularmikroskop
10 nach dem Stand der Technik.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Rasterkorpuskularmikroskop nach dem Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung dargestellt.
15

Ein Rasterkorpuskularmikroskop nach der Erfindung ist nicht nur zur Erzeugung von Elektronenstrahlen, sondern auch zur Erzeugung von beliebigen Ionenstrahlen geeignet.
20

Ein Rasterkorpuskularmikroskop nach der Erfindung ermöglicht eine feine Korpuskularsonde mit hohem Korpuskularstrom auch bei kleinen Auftreffenergien der Korpuskeln auf ein Objekt. Bisher ist angenommen worden, daß der Boersch-Effekt eine wichtige Rolle nur im Korpuskularstrahlerzeuger und in den Strahlübergangspunkten (Foci) spielt. Neue Rechnungen haben gezeigt, daß der Boersch-Effekt eine wichtige Rolle nicht nur im Korpuskularstrahlerzeuger und in den Strahlübergangsbereichen (cross-overs), sondern auch im gesamten Strahlengang spielt. Durch den Boersch-Effekt wird der Richtstrahlwert, wie er unmittelbar hinter dem Strahlerzeuger gegeben ist, im weiteren Korpuskularstrahlengang verkleinert. Je länger dieser Korpuskularstrahlengang ist, desto stär-
25
30
35

35

ker sind die nachteiligen Auswirkungen des Boersch-Effekts. Bei Verwendung einer Lanthanhexaborid-Einkristallkathode und bei einer Auftreffenergie der Elektronen von 1 keV auf eine Probe wird der Richtstrahlwert 5 aufgrund des Boersch-Effekts im unveränderten Korpuskularstrahlengang eines Rasterelektronenmikroskops der Fa. Cambridge Instruments vom Typ S 150 um den Faktor 40 verschlechtert. Wenn dagegen der Korpuskularstrahlengang desselben Rasterelektronenmikroskops vom Typ S 150 10 in erfindungsgemäßer Weise verändert wird, wenn dabei die Elektronen bis zur Mitte der Objektivlinse eine Energie von 20 keV besitzen und wenn sie erst in dieser Mitte der Objektivlinse auf die Auftreffenergie von 1 keV abgebremst werden, verschlechtert sich unter sonst gleichen 15 Randbedingungen der Richtstrahlwert nur noch um den Faktor 4. Dies bedeutet gegenüber einem Rasterelektronenmikroskop nach dem Stand der Technik einen Gewinn beim Richtstrahlwert um den Faktor 10. Besitzen in einem anderen Beispiel beim selben Rasterelektronenmikroskop S 150 20 die Elektronen bis zur Mitte der Objektivlinse eine Energie von 10 keV und werden erst in dieser Mitte der Objektivlinse die Elektronen auf die Auftreffenergie von 1 keV abgebremst, so ist der Richtstrahlwert in Höhe des Objekts um einen Faktor 5,5 schlechter als der Richtstrahlwert unmittelbar hinter der Elektronenquelle. Dies bedeutet in 25 diesem Beispiel einen Gewinn des Richtstrahlwertes in Höhe des Objekts gegenüber dem Stand der Technik um einen Faktor von ungefähr 7.

30 Besitzen in einem weiteren Beispiel beim selben Rasterelektronenmikroskop die Elektronen vom Verlassen des Strahlerzeugers bis zur Mitte der Objektivlinse eine Energie von 5 keV und werden dann in dieser Mitte der Objektivlinse auf die Auftreffenergie von 1 keV abgebremst,

so ist in Höhe des Objekts der Richtstrahlwert um den Faktor 10 schlechter als unmittelbar hinter der Elektronenquelle. Dies bedeutet in diesem Fall einen Gewinn beim Richtstrahlwert in Höhe des Objekts gegenüber dem 5 Stand der Technik um einen Faktor 4.

Besitzen die Elektronen beim selben Rasterelektronenmikroskop S 150 zwischen der Elektronenquelle und der Mitte der Objektivlinse eine Energie von 2,5 keV und werden die 10 Elektronen erst in dieser Mitte der Objektivlinse auf die Auftreffenergie von 1 keV abgebremst, so ist der Richtstrahlwert in Höhe des Objekts um den Faktor 18 schlechter als der Richtstrahlwert unmittelbar hinter der Elektronenquelle. Dies bedeutet jedoch immer noch einen Gewinn 15 beim Richtstrahlwert gegenüber dem Stand der Technik um einen Faktor von etwa 2,2.

Je näher ein Abbremspunkt bei sonst unveränderten Parametern an der Probe ist, umso größer ist der Gewinn beim 20 Richtstrahlwert. Je näher ein Abbremspunkt bei sonst unveränderten Parametern an der Korpuskularquelle ist, umso geringer ist der Gewinn, der beim Richtstrahlwert erzielt wird.

25 Bei einem einstufigen Korpuskularstrahlengang, das nur eine einzige Linse und damit nur einen einzigen Crossover aufweist, wird der Abbremspunkt für die Korpuskeln in der einzigen Linse oder - im Strahlengang gesehen - hinter der einzigen Linse angeordnet.

30 Bei einem zweistufigen Korpuskularstrahlengang, bei dem also zwei Linsen vorhanden sind, wird ein großer Gewinn für den Richtstrahlwert dann erzielt, wenn der Abbremspunkt im zweiten Crossover angeordnet ist. Bei einem n-

0180723

stufigen Korpuskularstrahlengang mit n-Linsen kann ein Abbremspunkt vorteilhafterweise im n-ten Crossover oder in einem der vorhergehenden Crossovers angeordnet sein. Wenn nur der Gewinn für den Richtstrahlwert von Bedeutung ist, so ist es am vorteilhaftesten, wenn bei einem n-stufigen System ein einziger Abbremspunkt im n-ten Crossover angeordnet ist und wenn gegebenenfalls zusätzlich ein Austastsystem (beam-blanking system) im selben Crossover vorgesehen ist.

Je nach Anwendungsfall kann es günstig sein, mehrere Abbremsseinrichtungen vorzusehen. Dies hängt davon ab, welche zusätzlichen Einrichtungen im Korpuskularstrahl untergebracht werden müssen, wie groß der Arbeitsabstand zu sein hat, ob das Objekt durch hohe Potentiale in der Nähe dieses Objekts in seiner Funktion bzw. in seinem Aufbau beeinträchtigt wird, ob die Abbremsseinrichtungen zugleich auch linsenähnliche Eigenschaften haben oder in Linsen integriert sind und somit bei ihrer Ausgestaltung ihr Einfluß auf den gesamten Strahlengang mit berücksichtigt werden muß.

Falls beispielsweise ein großer Arbeitsabstand erforderlich ist, genügt im allgemeinen eine einzige Linse nicht. Für den Einbau eines Austastsystems, das zum Austasten mit einem bezüglich des Potentials der Probe stark unterschiedlichen Potential beaufschlagt werden muß, wird beispielsweise ein leicht zugänglicher Überkreuzungspunkt im Korpuskularstrahlengang benötigt, der zusätzlich noch einen bestimmten Mindestabstand zur Probe aufweisen muß.

Im einfachsten Fall besteht eine Einrichtung zum Abbremsen der Korpuskel im Korpuskularstrahlengang aus einem oder mehreren Netzen, die mit bestimmten Spannungen beauf-

schlagt werden. Eine Netzelektrode bzw. eine Gitterelektrode hat in erster Näherung keine Linsenwirkung, sofern die das Netz bzw. das Gitter bildenden Elemente keine großen Abstände voneinander aufweisen. Um im 5 Korpuskularstrahlengang einfache Potentialverteilungen zu haben, ist es zweckmäßig, zwei Netzelektroden unmittelbar hintereinander anzuordnen, wobei die zweite Netzelektrode als retardierende Elektrode verwendet wird. Es kann jedoch auch eine einzelne Netzelektrode 10 verwendet werden, sofern die dann kompliziertere Potentialverteilung bei der Ausgestaltung der übrigen Einrichtungen im Korpuskularstrahlengang berücksichtigt wird. Dies gilt nicht nur für Netzelektroden, sondern auch für 15 alle anderen Einrichtungen, die zum Abbremsen der Korpuskel verwendet werden können.

Grundsätzlich kann jedes elektrostatische Verzögerungs-element zum Abbremsen der Korpuskel verwendet werden. Insbesondere können zwei oder mehr Elektrodenanordnungen 20 benutzt werden. Als Einrichtungen zum Abbremsen mit Linsenwirkungen können Blenden, Rohrlinsen oder Bremslinsen (Einzellinse) oder Kombinationen daraus und zusammen mit Netzelektroden verwendet werden. Elektrostatische Linsen können dabei zusätzlich zu magnetischen Linsen oder an- 25 stelle von magnetischen Linsen vorgesehen werden.

Vorteilhaft ist eine elektronenoptisch günstige Kombination eines elektrostatischen Abremssystems mit einer Objektivlinse. In einer elektrostatischen Immersionsobjektivlinse kann eine Einrichtung zum Abbremsen mit einer 30 Objektivlinse kombiniert werden.. Damit ist gleichzeitig ein hoher Richtstrahlwert in Höhe des Objekts und eine feine Sonde auf dem Objekt möglich.

Die Erfindung kann auch für Elektronenstrahlschreiber verwendet werden. Beispielsweise können die Elektronen bis zum Abbremspunkt eine Energie von 50 keV besitzen und sodann auf die normale Auftreffenergie, beispielsweise 5 20 keV, abgebremst werden. Damit wird eine feine Sonde mit sehr hohem Strahlstrom bei relativ kleinen Auftreffenergien erzielt. Bei immer feineren Strukturen, bei immer größerer Schreibgeschwindigkeit und bei Kathoden mit immer größerem Richtstrahlwert der Strahlerzeuger 10 wird das Merkmal eines sehr hohen Sondenstromes in Zukunft immer wichtiger sein.

Es muß ein Optimum zwischen elektronenoptischen Linseneffekten und den Effekten hinsichtlich des Richtstrahlwertes in Höhe des Objekts gefunden werden. Falls eine 15 bereits vorhandene Objektivlinse in einem Korpuskularstrahlengang ungünstige Eigenschaften aufweist, muß die Einrichtung zum Abbremsen der Korpuskeln im Strahlengang weiter zurückgelegt werden.

Um nur kleine Linsenfehler in Kauf nehmen zu müssen, sollen möglichst wenig zusätzliche Linseneffekte in den Korpuskularstrahlengang eingebracht werden. Zu diesem Zweck wird am zweckmäßigsten eine Netzelektrode in einen Cross- 25 over eingesetzt.

Je langsamer sich die Korpuskel im Korpuskularstrahlengang bewegen, desto nachteiliger sind die Wirkungen des Boersch-Effekts.

Um im Korpuskularstrahlengang geringe Farbfehler zu erhalten, soll die Energieverbreiterung der Korpuskel vor dem Abbremspunkt gering sein. Daher sollen vor dem Abbremspunkt nicht zu hohe Spannungen verwendet werden. Da- 30
35

0180723

für sind bei Elektronen Beschleunigungsspannungen vor dem Abbrempunkt zwischen etwa 5 keV und 15 keV wünschenswert. Dies hängt aber von den verwendeten elektronenoptischen Linsen und von den Anwendungsbedingungen ab. Hier spielt die Sondengröße eine ähnliche Rolle wie bei der Suche nach einer optimalen Apertur für eine bestimmte Sondengröße, d.h., daß es für eine bestimmte Sondengröße eine optimale Beschleunigungsspannung vor dem Abbrempunkt gibt. Diese optimale Beschleunigungsspannung kann von einem Fachmann auch experimentell ermittelt werden.

Falls der Abbrempunkt aus elektrostatischen Gründen relativ weit entfernt vom Objekt angeordnet werden muß, sollte nach Möglichkeit die Verkleinerung der Objektivlinse nicht so stark sein, damit die Länge des Korpuskularstrahlenganges insgesamt kurz gehalten werden kann. Je kürzer nämlich der Strahlengang ist, desto geringer sind die nachteiligen Effekte aufgrund des Boersch-Effekts. Daher soll das Niederspannungsstück eines Rasterelektronenmikroskops hinter dem Abbrempunkt so kurz wie möglich sein. Daher soll die Verkleinerung in diesem Niederspannungsstück so gering wie möglich sein. Wenn die Verkleinerung in diesem Niederspannungsbereich beispielsweise statt 6-fach nur 3-fach ist, wird beim Richtstrahlwert ein Gewinn um einen Faktor 1,5 erzielt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Fig.1 zeigen Niederspannungs-Rastermikroskope mit Elektronenabbremsung.

Fig.6 zeigt verschiedene Einrichtungen zum Abbremsen des Primärelektronenstrahles.

In einem Niederspannungs-Rastermikroskop nach den Fig.1 mit 5 werden die Elektronen PE Überwiegend auf relativ hohem Potential geführt. Für meßtechnische Zwecke sollen die Elektronen PE beispielsweise mit einer Energie von 5 1 keV auf die Oberfläche der Probe PR auftriften. In diesem Fäll besitzen die Elektronen PE vor der Abbremselktrode R beispielsweise eine Energie oberhalb von 2 keV, vorteilhaft oberhalb von 4 keV, insbesondere oberhalb von 10 keV oder 20 keV. Dabei werden die Elektronen PE 10 erst relativ nahe an der Probe PR auf die gewünschte, niedrige Auftreffenergie abgebremst. Hierdurch wird erreicht, daß die Auswirkungen des Boersch- Effekts stark reduziert werden. Besonders im Bereich der ersten Kondensorlinse K2 und im Bereich der zweiten Kondensorlinse 15 K1, wo noch hohe Elektronenstromdichten vorhanden sind, sollen relativ hohe Energien der Primärelektronen verwendet werden, da in diesen Bereichen ein wesentlicher Anteil der Verschlechterung des Richtstrahlwertes eintritt.

20 In den Fig.1 mit 5 liegen die Kathode K auf einem Potential -1 kV, die Wehnelt-Elektrode W auf einem Potential von etwa -1,5 kV und die Anode A auf einem Potential von +19 kV.

25 Die Primärelektronen PE laufen zunächst mit hoher Energie im Strahlengang. Erst kurz vor Erreichen der Probe PR oder nach Durchlaufen wenigstens einer Kondensorlinse werden die Primärelektronen PE auf die gewünschte niedrige Auftreffenergie abgebremst. Dabei werden mindestens 30 ein Teil des Strahlenganges sowie die kritischen Strahlüberkreuzungspunkte (Foci) mit hoher Energie durchlaufen. Auf diese Weise wird die auflösungsbeeinträchtigende Wirkung des Boersch-Effekts erheblich vermindert.

0180723

Im Ausführungsbeispiel nach Fig.1 besitzen die Elektronen PE fast im gesamten Strahlengang eine hohe Primärelektronenergie und werden erst in oder hinter der Objektivlinse OB abgebremst. Die Abbremselktrode R liegt dabei auf einem Potential von 0 V. Sekundärelektronen SE, die am Auftreffort der Primärelektronen PE auf der Probe PR ausgelöst werden, können für meßtechnische Zwecke über einen Detektor DT nachgewiesen werden. Als Ablenkrichtungen zum Rastern der Sonde der Primärelektronen PE dienen die Ablenkspulen D.

Im Niederspannungs-Rastermikroskop nach Fig.2 werden die Primärelektronen PE zwischen der ersten Kondensorlinse K2 und der Objektivlinse OB abgebremst. Besitzt ein Rasterelektronenmikroskop nur eine einzige Kondensorlinse, so wird in einem analogen Ausführungsbeispiel die Abbremselktrode R zwischen dieser einzigen Kondensorlinse und der Objektivlinse dieses Rasterelektronenmikroskops angeordnet.

Im Niederspannungs-Rastermikroskop nach Fig.3 werden die Primärelektronen PE in der Kondensorlinse K2 abgebremst. In diesem Fall ist die Abbremselktrode R in der Kondensorlinse K2 angeordnet.

Die Ausführungsformen nach Fig.2 und nach Fig.3 haben den Vorteil, daß ein Quellenbild (Crossover), das auf Massepotential (0 kV) liegt, zugänglich ist. Die Abbremselktrode R weist in den Ausführungsbeispielen nach Fig.1 mit 4 jeweils das Potential 0 kV auf. Um das Potential für die Elektronen PE besser zu definieren, bewegen sich die Elektronen PE bis unmittelbar vor der Abbremselktrode R in einem Rohr aus nicht-ferromagnetischem Material, welches das Potential der Anode A aufweist. Die-

0180723

ses Rohr ist am längsten in Fig.1, kürzer in Fig.2, noch
kürzer in Fig.3 und am kürzesten in Fig.4.

Wo das Quellenbild auf Massepotential zugänglich ist,
5 kann vorteilhafterweise ein Austastsystem angeordnet wer-
den.

In den Ausführungsbeispielen nach den Fig.2 mit 4 werden
Abbildungsfehler, die beim Abbremsen der Elektronen PE
10 entstehen, bei der optischen Verkleinerung durch die Ob-
jektivlinse OB mit verkleinert.

Im Niederspannungs-Rastermikroskop nach Fig.4 werden die
Elektronen PE zwischen der Kondensorlinse K1 und der Kon-
15 densorlinse K2 abgebremst. Dabei ist die Abremselektrode
R in demjenigen Strahlübergangspunkt angeordnet, der
zur Kondensorlinse K1 gehört. Bei diesem Ausführungsbei-
spiel nach Fig.4 ist die den Einfluß des Boersch-Effekts
hemmende Wirkung allerdings geringer als bei den vorher-
20 gehenden Ausführungsbeispielen.

Weist ein Rasterelektronenmikroskop mehr als zwei Konden-
sorlinsen auf, so können Abremselektroden R analog zu
den Ausführungsbeispielen nach den Fig.1 bis 4 auch dort
25 zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Kondensorlinsen
oder innerhalb einer Kondensorlinse oder in einer Objek-
tivlinse oder hinter einer Objektivlinse angeordnet wer-
den. Auch bei einem Rasterelektronenmikroskop mit einer
30 Feldemissionskathode kann eine Abremselektrode R ver-
wendet werden. Hierbei ist eine Abbremsung der Primär-
elektronen PE vor der Objektivlinse OB am geeignetsten.

Fig.5 zeigt ein Niederspannungs-Rastermikroskop mit
einer Kondensorlinse K1, mit einer Abremselektrode R in-

0180723

nerhalb dieser Kondensorlinse K1 und mit einer Einzel-
linse E als Immersionslinse anstelle der Objektivlinse OB,
wie sie in den Beispielen nach den Fig.1 mit 4 vorgesehen
ist. Bei dieser Einzellinse E weist die der Probe PR am
5 nächsten gelegene Elektrode ein Potential U3 auf, das
kleiner ist als das Potential U1 der - im Strahlengang
gesehen - ersten Elektrode dieser Einzellinse E. Vorteil-
hafterweise kann diese Einzellinse E auch so ausgestaltet
werden, daß sie zusätzlich noch als Korpuskularstrahl-Aus-
10 tastsystem verwendet werden kann. Eine solche Einzellinse
E ist aus der US-Patentschrift 4 439 685 bekannt.

Fig.6 zeigt verschiedene Beispiele für Einrichtungen zum
Abbremsen der Primärelektronen PE. Zur Abbremsung der
15 Primärelektronen PE können jegliche elektrostatische 2-
oder Mehr-Elektrodenanordnungen oder Kombinationen daraus
verwendet werden. Beispielsweise kann eine 2-Elektroden-
anordnung 1 aus zwei hintereinandergeschalteten Netzen N
verwendet werden, wobei das der Probe PR nächstgelegene
20 Netz N ein kleineres Potential aufweist als das der Probe
PR weiter entfernt gelegene Netz. Weiter kann eine 2-Elek-
trodenanordnung 2 verwendet werden, bei der zwei Blenden B
hintereinander angeordnet sind. Diese Anordnung 2 hat lin-
senähnliche Eigenschaften.

25 Weiter kann eine 2-Elektrodenanordnung 3 verwendet wer-
den, die aus zwei hintereinander angeordneten Rohren RO
besteht. Das Potential U2 des der Probe PR nächstgelege-
nen Rohres RO ist dabei wiederum kleiner als das Potential
30 U1 desjenigen Rohres RO, das von der Probe PR weiter ent-
fernt angeordnet ist.

Weiter kann zum Abbremsen der Primärelektronen PE eine
Einzellinse E verwendet werden. Um eine Abremswirkung
35

zu erzielen, ist das Potential U3 der der Probe PR
nächstgelegenen Elektrode E3 kleiner als das Potential U1
der der Probe PR am weitesten entfernt gelegenen Elek-
trode E1. Zum Austasten der Primärelektronen PE erhält
5 die mittlere Elektrode E2 der Einzellinse E ein gegenüber
dem Potential U1 sehr stark negatives Potential U2. Bei
der aus der US-Patentschrift 4 439 685 bekannten Einzel-
linse sind die Potentiale der beiden äußeren Elektroden
gleich groß, wodurch keine abbremsende Wirkung auf die
10 Primärelektronen PE erzielt wird.

15

20

25

30

35

Patentansprüche:

1. Rasterkorpuskularmikroskop mit einem Korpuskularstrahlerzeuger und mit wenigstens einer zusätzlichen Linse im Korpuskularstrahlengang,
gekennzeichnet durch mindestens eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE), die im Korpuskularstrahlengang in oder hinter wenigstens einer Linse (K1; K2; OB; E) angeordnet ist.
10
2. Rasterkorpuskularmikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) in einer magnetischen Linse (K1; K2; OB) angeordnet ist.
15
3. Rasterkorpuskularmikroskop nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) in einer elektrostatischen Linse (E) integriert ist.
20
4. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) zwischen zwei Linsen (K1, K2, OB, E) angeordnet ist.
25
5. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) im Korpuskularstrahlengang hinter der letzten Linse (OB; E) angeordnet ist.
30
6. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) im Kor-
35

0180723

puskularstrahlengang innerhalb der letzten Linse (OB; E)
angeordnet ist.

7. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
5 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine
Einrichtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE) zwischen
der vorletzten und letzten Linse (K2, OB; K2, E)
angeordnet ist.
- 10 8. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Feldemis-
sionselektrode (K) im Strahlerzeugersystem und eine Ein-
richtung (R) zum Abbremsen der Korpuskel (PE), die im
Korpuskularstrahlengang vor der Objektivlinse (OB) ange-
ordnet ist.
- 15 9. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
1 bis 8, gekennzeichnet durch eine 2-Elek-
trodenanordnung (1, 2, 3) zum Abbremsen der Korpuskel
20 (PE).
10. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
1 bis 9, gekennzeichnet durch eine Mehr-
Elektrodenanordnung (E) zum Abbremsen der Korpuskel (PE).
25
11. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
1 bis 10, gekennzeichnet durch ein Netz (N)
zum Abbremsen der Korpuskel (PE).
- 30 12. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche
1 bis 11, gekennzeichnet durch eine Blende
(B) zum Abbremsen der Korpuskel (PE).

0180723

13. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch eine Rohrlinse (RO) zum Abbremsen der Korpuskel (PE).

5 14. Rasterkorpuskularmikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 13, gekennzeichnet durch eine Einzellinse (E) zum Abbremsen der Korpuskel (PE).

10 15. Verwendung eines Rasterkorpuskularmikroskops nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Korpuskularstrahlmeßgerät.

15 16. Verwendung eines Rasterkorpuskularmikroskops nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Korpuskularstrahlschreiber.

17. Verwendung eines Rasterkorpuskularmikroskops nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Längenmeßgerät.

20

25

30

35

0180723

1/6

FIG 1

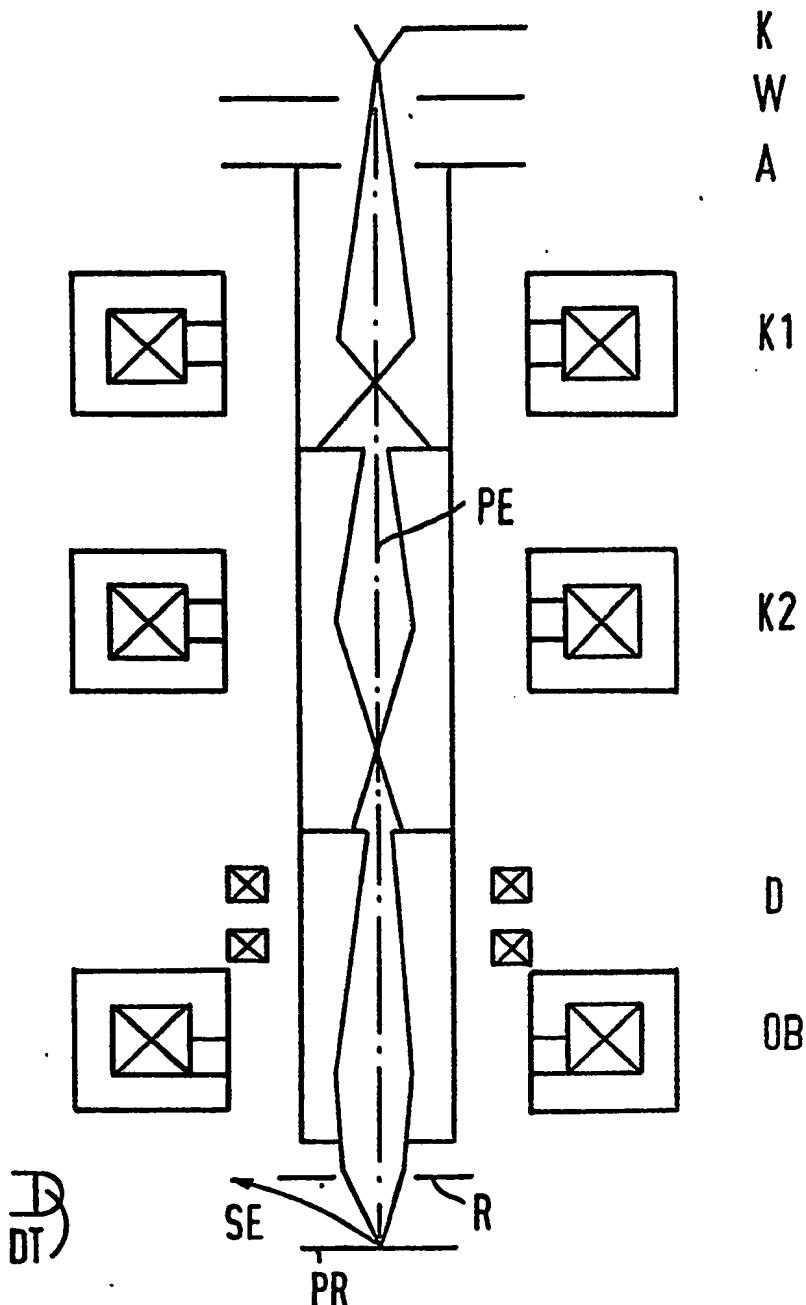


FIG 2

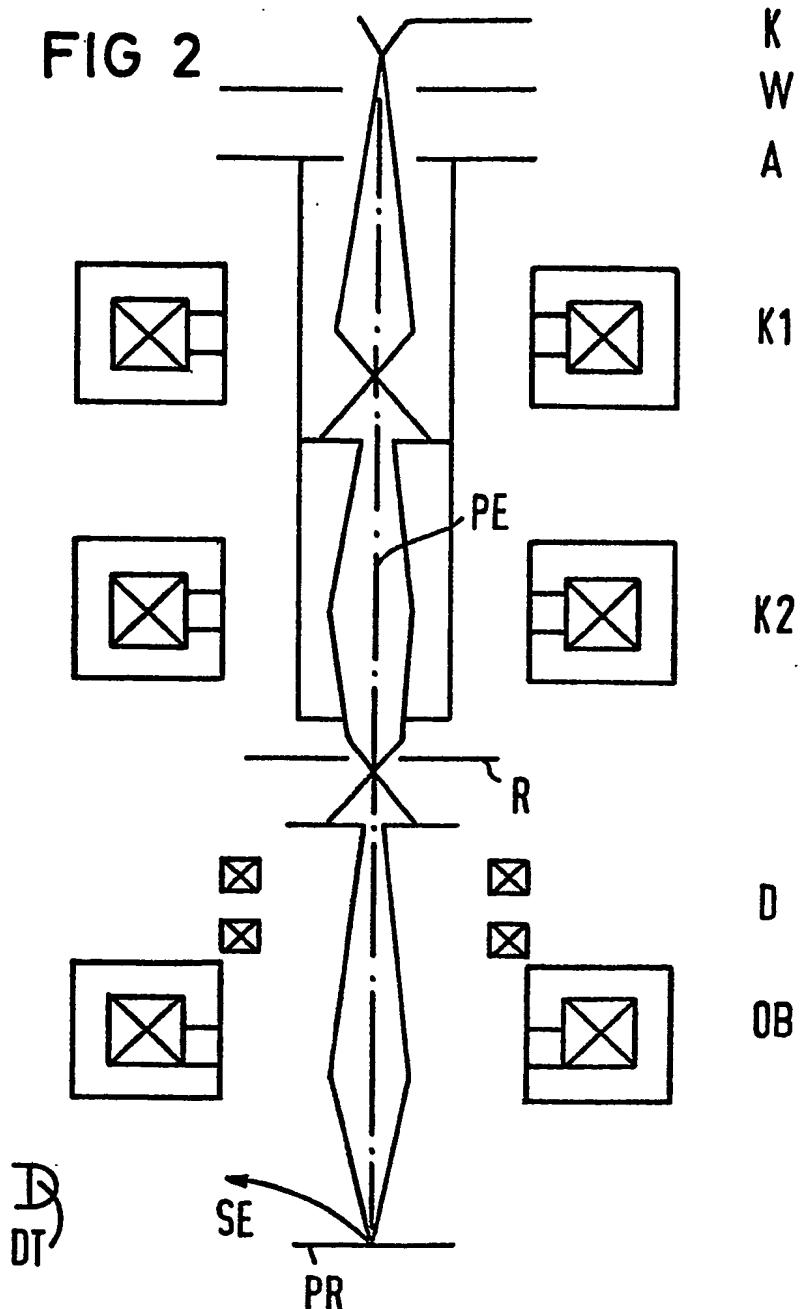


FIG 3

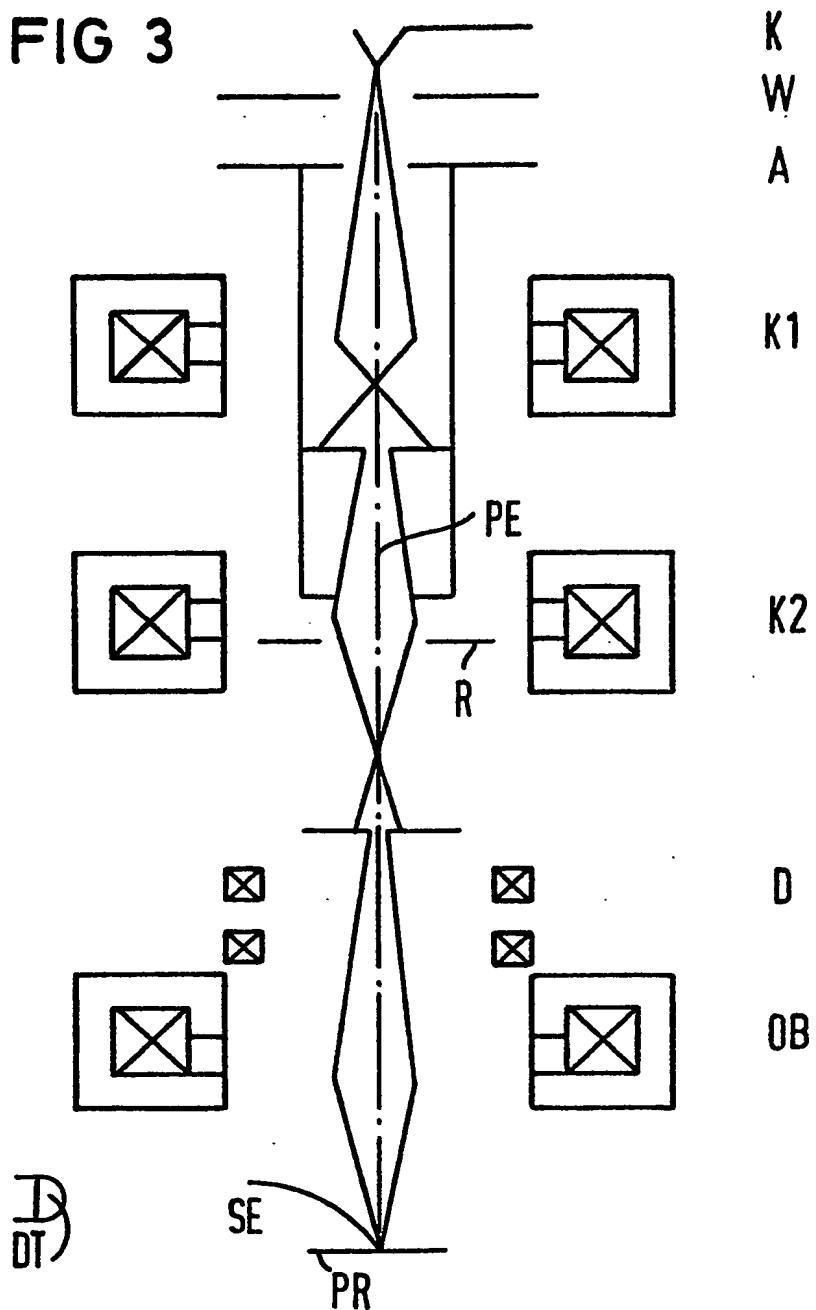


FIG 4

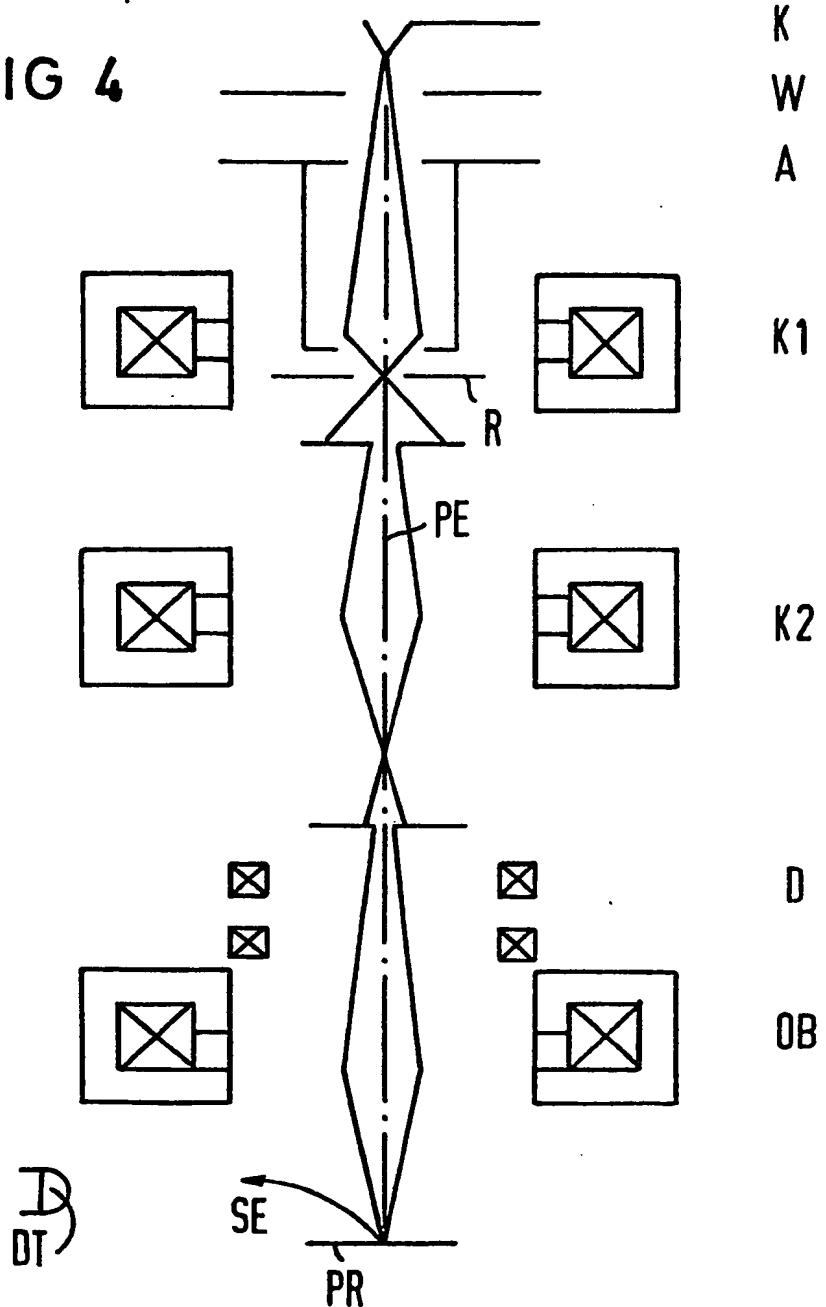
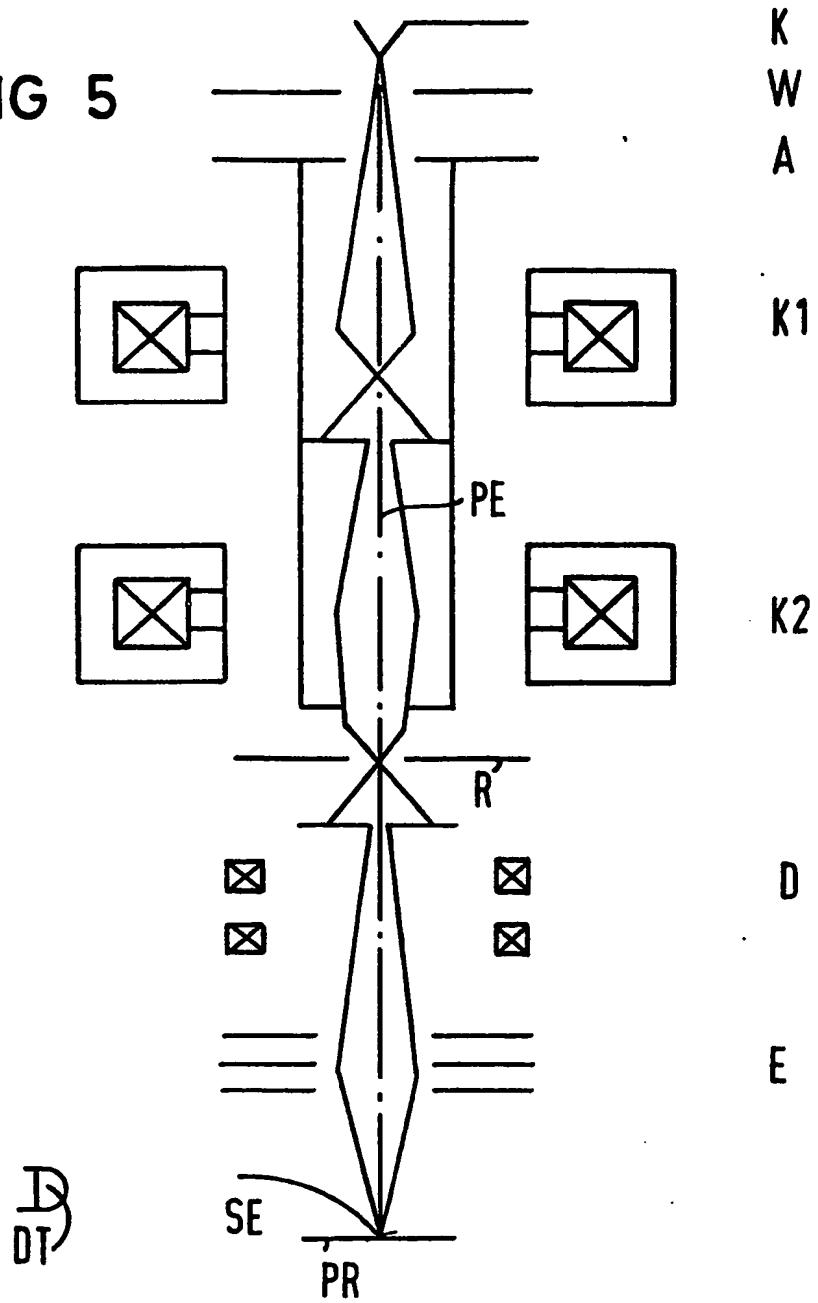


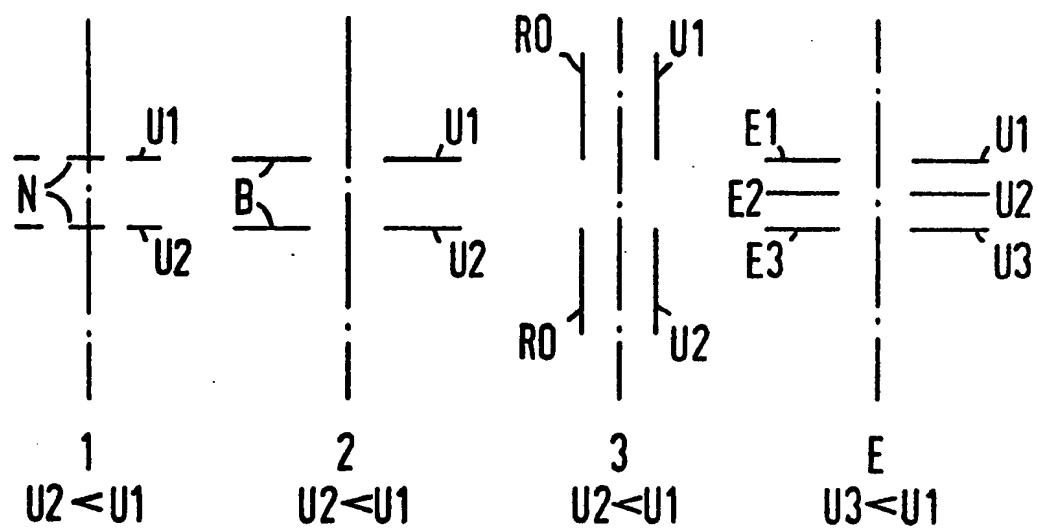
FIG 5



0180723

6/6

FIG 6





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0180723

Nummer der Anmeldung

EP 85 10 9683

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 5, Nr. 99 (E-63)[771]; & JP - A - 56 42 946 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 21.04.1981 * Insgesamt *	1,5,11	H 01 J 37/04 H 01 J 37/28
X	--- GB-A-2 052 147 (PHILIPS) * Figur, Seite 1, Zeile 86 - Seite 2, Zeile 88 *	1,5,12, ,15	
X	--- OPTICAL ENGINEERING, Band 22, Nr. 2, März/April 1983, Seiten 195-198, Bellingham, Washington, US; K.J. POLASKO et al.: "Low energy electron beam lithography" * Insgesamt *	1,2,5, 6,12, 16	
A	--- EXTENDED ABSTRACTS, Band 82-1, Mai 1982, Seiten 503-504, Pennington, New Jersey, US; Y.W. YAU et al.: "The space charge effects in conventional and in retarding field electron beam systems" * Zusammenfassung, Nr. 308 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) H 01 J 37
A	--- FR-A-2 153 046 (NIHON DENSHI) * Figuren 2-4; Seite 4, Zeile 10 - Seite 5, Zeile 15 *	1,2,6, 10	
	---	-/-	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

Recherchenort:
DEN HAAG

Abschlußdatum der Recherche
20.11.1985

Prüfer
SCHAUB G.G.

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN

- X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
- Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
- A : technologischer Hintergrund
- O : nichtschriftliche Offenbarung
- P : Zwischenliteratur
- T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze

E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0180723

Nummer der Anmeldung

EP 85 10 9683

Seite 2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)		
A	<p>US-A-3 760 180 (U. WEBER)</p> <p>* Figur 1; Spalte 5, Zeile 20 - Spalte 7, Zeile 18 *</p> <p>-----</p>				
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl. 4)					
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Rechercheort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 20-11-1985	Prüfer SCHAUB G.C.			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze					
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument					